

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl<sup>6</sup>

F02D 41/04

F01N 3/08

# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98123689.8

[43]公开日 1999年5月26日

[11]公开号 CN 1217425A

[22]申请日 98.10.30 [21]申请号 98123689.8

[30]优先权

[32]97.11.7 [33]JP [31]305850/97

[71]申请人 丰田自动车株式会社

地址 日本爱知县

[72]发明人 伊藤丈和

佐佐木静夫

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

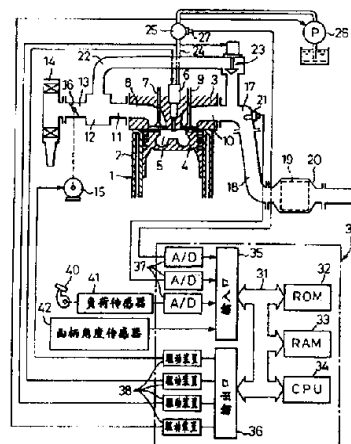
代理人 郑中军

权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图页数 15 页

[54]发明名称 一种内燃机

[57]摘要

一种内燃机包括废气再循环系统,其中要使燃烧室中废气再循环气体的量大于当发动机负荷比较低时产生炭烟的量达到峰值处废气再循环气体的量,从而将燃油及燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度抑制到低于产生炭烟的温度。这就防止在燃烧室中产生炭烟和氮氧化物。



ISSN 1008-4274



## 权 利 要 求 书

---

1.一种内燃机，其中炭烟产生量逐渐增加，然后当燃烧室中的惰性气体的量增加时它达到峰值，其中使惰性气体的量大于炭烟产生量达到峰值时的量，以使燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度低于产生炭烟的温度，并在发动机排气通道中安装净化未燃烧的碳氢化合物的后处理装置，该未燃烧的碳氢化合物以炭烟先驱物的形式或其之前的形式从燃烧室排出。

2.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度是废气中氮氧化物量为10ppm或更低时的温度。

3.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，使燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度低于当发动机负荷低于预定负荷时产生炭烟时的温度。

4.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，所述后处理装置包括具有氧化功能的催化剂，用于氧化从燃烧室排出的未燃烧的碳氢化合物。

5.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，催化剂包括至少一组氧化催化剂、三元催化剂和氮氧化物吸附剂。

6.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，燃油的燃烧热主要由燃烧室中的惰性气体吸收，同时预设惰性气体的量，以便燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度变得低于产生炭烟时的温度。

7.一种如权利要求1中所述的内燃机，其特征在于，大部分惰性气体在吸气冲程时送入燃烧室。

8.一种如权利要求7中所述的内燃机，其特征在于，设置一废气再循环装置，用于将从燃烧室排出的废气再循环到发动机进气通道，同时大部分惰性气体包括在进气通道中再循环的废气。

9.一种如权利要求8中所述的内燃机，其特征在于，废气再循环率至少约为55%。



10.一种如权利要求1中所述的内燃机,其特征在于,使空气燃油比为理想配比空气燃油比、比理想配比空气燃油比略微较稀的较稀空气燃油比或较浓的空气燃油比。

11.一种如权利要求1中所述的内燃机,其特征在于,设置燃烧温度控制装置,用于保持燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度低于产生炭烟时的温度,而不考虑当发动机负荷比预定负荷低时送入燃烧室中的燃油量。

12.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置包括将从发动机排气通道排出的废气再循环到发动机进气通道中去的废气再循环装置,同时燃油进入燃烧室的量增加越多则再循环进发动机进气通道中的再循环废气也增加。

13.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置包括冷却装置,用于冷却从发动机排气通道再循环入发动机进气通道的再循环废气同时燃油进入燃烧室中的量增加变多,则冷却装置冷却能力也增加。

14.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置控制发动机的压缩比,同时燃油进入燃烧室中的量增加越多,则发动机的压缩比越低。

15.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置包括安装在发动机进气通道中的进气控制阀,并且燃油进入燃烧室中增加越多,则进气控制阀的打开程度越小。

16.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置包括用于驱动进气阀的驱动器,同时进入燃烧室的燃油增加越多,则由驱动器打开进气阀的时间越晚。

17.一种如权利要求11中所述的内燃机,其特征在于,燃烧温度控制装置控制要喷射到燃烧室中的燃油喷射时间,并且当进入燃烧室中的燃油量少时,使燃油喷射时间在压缩冲程终止阶段,燃油进入燃烧室中的量增加越多,则燃油喷射时间越晚。

18.一种如权利要求1中所述的内燃机,其特征在于,氮氧化物吸

附剂安置在发动机的排气通道中，当流入废气的空气燃油比是较稀时，该氮氧化物吸附剂吸收包含在废气中的氮氧化物，而当流入废气的空气燃油比为理想配比的空气燃油比或较浓时则释放吸收的氮氧化物，同时使燃油和燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度低于发动机低负荷运转状态中产生炭烟的温度，而且当要从氮氧化物吸附剂中释放氧化氮时使燃烧室中的空气燃油比为理想配比空气燃油比或较浓。

19.一种如权利要求 18 中所述的内燃机，其特征在于，氧化催化剂安置在发动机排气通道中氮氧化物吸附剂的上游。

20.一种如权利要求 1 中所述的内燃机，其特征在于，内燃机包括柴油机，且燃油至少是在压缩冲程的终止阶段喷射入燃烧室的内部。

21.一种如权利要求 20 所述的内燃机，其特征在于，燃油除在压缩冲程的终止阶段外，在吸气冲程的初始阶段喷射入燃烧室内部。



# 说明书

## 一种内燃机

本发明涉及一种内燃机。

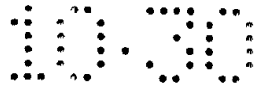
在过去，在一种内燃机例如柴油机中，通过使用废气再循环（EGR）通道将发动机废气通道与发动机进气通道连接来抑制氮氧化物的产生，从而使废气，即EGR气体，经过废气再循环通道在发动机进气通道中再循环。在这种情况下，废气再循环气体具有比较高的比热并因此能吸收大量的热，所以废气再循环气体的量越大，亦即废气再循环率〔废气再循环气体量/（废气再循环气体量+进气量）〕越高，发动机进气通道内的燃烧温度就越低。当发动机进气通道温度下降时，产生的氮氧化物的量也下降，因此废气再循环率越高，产生的氮氧化物的量越低。

由此可见，在过去，废气再循环率越高，产生的氮氧化物的量可能变得越低。但是，当废气的再循环率超过某一极限时，如果废气再循环率增高，则产生的炭烟，即烟的量就开始急剧上升。在这一点上，在过去，认为如废气再循环率增高，烟就会无限制地增加。因此，就认为在烟开始急剧增高时的废气再循环率是废气再循环率的最大允许极限。

因此，在过去，废气再循环率设定在不超过最大允许极限的范围以内。根据发动机与燃油的类型废气再循环率的最大允许极限有很大不同，但是从30%到50%左右。因而，在柴油机中，废气再循环率限制在30%到最高50%。

由于在过去认为废气再循环率有最大允许极限，因此在过去废气再循环率设置在不超过最大允许极限的范围内所产生的氮氧化物和烟的量尽可能小。然而，即使废气再循环率这样来设置以使产生的氮氧化物和烟的量变得尽可能小，氮氧化物和烟产生量的减少也是有限度的。因此，在实际中，有大量的氮氧化物和烟继续产生。

但是，本发明者在研究柴油机燃烧的过程中发现，如果废气再循环率设置成大于最大允许极限，如上所述烟要急剧增加，但是产生的烟的



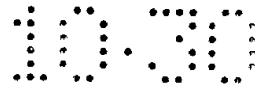
量存在一个峰值，同时一旦超过此峰值，如果废气再循环率设置得更高，烟开始急剧减少，同时如果在发动机空转时废气再循环率至少设置成 70 % 或者如果强制冷却废气再循环气体且废气再循环率至少设置成 55 %，烟几乎完全消失，即几乎不产生炭烟。而且，还发现此时产生的氮氧化物极少，基于这一发现，以后的进一步研究确定了为什么不产生炭烟的原因并且因而建立了一种能够比过去同时更多减少炭烟和氮氧化物的新的燃烧系统。此新的燃烧系统将在后面详细说明。但简单地说它基于在碳氢化合物生长之前的阶段停止碳氢化合物生成炭烟的概念。

从重复实验和研究中发现，在当燃油和燃油周围的气体在发动机燃烧室中燃烧时的温度低于某个温度之前的阶段，碳氢化合物就停止生成炭烟，同时一旦当燃油和燃油周围的气体的温度变得高于某个温度时，碳氢化合物就会都生成炭烟。在这种情况下，燃油和燃油周围气体的温度在很大程度上受燃油燃烧时燃油周围气体吸热作用的影响。通过根据燃油燃烧时所产生的热量来调节被燃油周围气体吸收的热量，就能控制燃油和燃油周围气体的温度。

因此，如果在发动机燃烧室中燃烧时的燃油和燃油周围气体的温度抑制在低于碳氢化合物停止生成的中途的温度，就不再产生炭烟，通过调节由燃油周围的气体吸收的热量可抑制燃油及燃油周围气体在燃烧室中燃烧时的温度小于碳氢化合物生成停止中途的温度。另一方面，在生成中途停止的碳氢化合物通过使用氧化催化剂等的后处理很容易在变成炭烟之前进行净化，这是在此新燃烧系统的基本思想。

本发明的目的是提供一种内燃机，该内燃机以建立在新燃烧系统基础上的新燃烧原理工作。

根据本发明，提供了一种内燃机，在该内燃机中炭烟的产生量逐渐增加并且然后当燃烧室中的惰性气体的量增加时它达到峰值，其中要使惰性气体的量大于在炭烟的产生量达到峰值以使燃油和燃油周围气体在燃烧室燃烧时的温度低于产生炭烟时的温度的惰性气体的量，同时在发动机排气通道中设置一用于净化未燃烧的碳氢化合物的后处理装置，该未燃烧的碳氢化合物以炭烟先驱物的形式或其以前的形式从燃烧室排放出来。



本发明可以从与下面的附图一起陈述的本发明的各优选实施例的描述更充分地理解，其中：

图 1 是压缩点火式内燃机的总图；

图 2 是烟和氮氧化物产生量的曲线图；

图 3A 和 3B 是燃烧压力曲线图；

图 4 是燃油分子图；

图 5 是烟的产生量与废气再循环率之间的关系曲线图；

图 6 是喷射的燃油量和混合气体量之间的关系曲线图；

图 7 是喷射的燃油量和混合气体量之间的关系曲线图；

图 8 是喷射的燃油量和混合气体量之间的关系曲线图；

图 9 是喷射的燃油量和混合气体量之间的关系曲线图；

图 10A 和 10B 是点火时间曲线图；

图 11 是空气燃油比传感器输出的曲线图；

图 12 是发动机工作控制的流程图；

图 13 是喷射的燃油量和混合气体量之间的关系曲线图；

图 14 是压缩点火式内燃机另一实施例的总图；

图 15 是驱动进气阀的驱动器的侧剖面视图；

图 16 是节流阀等的打开程度曲线图；

图 17 是进气阀工作时间曲线图；

图 18 是点火周期曲线图；

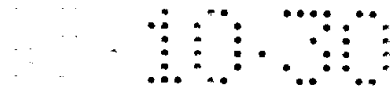
图 19 是向冷却装置供应冷却水量的曲线图；

图 20 是压缩点火式内燃机又一实施例总图；以及图 21A 和 21B 是说明吸收和释放氮氧化物作用的简图。

#### 优选实施例的描述

图 1 是本发明应用到四冲程压缩点火式内燃机上的情况的视图。

参照图 1，1 表示发动机体，2 是气缸体，3 是气缸头，4 是活塞，5 是燃烧室，6 是电气控制的燃油喷嘴，7 是进气阀，8 是进气口，9 是排气阀，和 10 是排气口，进气口 8 通过对应的进气管 11 与均压箱 12 相连接。均压箱 12 通过进气管 13 与空气净化器 14 连接，在进气管 13 内设置由电机 15 驱动的节流阀 16；另一方面，排气口 10 通过排气导管 17



和排气管 18 与催化转换器 20 相连接，该转换器内装有具有氧化作用的催化剂 19，在排气导管 17 中装有空气燃油比传感器 21。

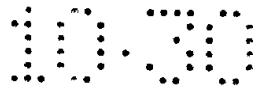
排气导管 17 和均压箱 12 通过废气再循环通道 22 彼此相连接，在废气再循环通道 22 中设置电气控制的废气再循环控制阀 23。每一个燃油喷嘴 6 通过燃油供应管 24 与燃油箱，即共用油槽 25 连接。燃油从电气控制的可变排油泵 26 供应到共用油槽 25。供应到共用油槽 25 中的燃油经过每一根燃油供应管 24 供应到燃油喷嘴 6。用于检测共用油槽 25 中燃油压力的燃油压力传感器 27 安装在共用油槽 25 上。根据燃油压力传感器 27 的输出信号控制燃油泵 26 的排油量，因此共用油槽 25 中的燃油压力变成预定的燃油压力。

电子控制单元 30 包括一数字计算机并设有 ROM（只读存储器）32，RAM（随机存取存储器）33，CPU（微处理器）34，输入口 35，以及由双向总线 31 彼此连接的输出口 36。空气燃油比传感器 21 的输出信号通过对应的模-数转换器 37 输入到输入口 35。此外，燃油压力传感器 27 的输出信号通过对应的模-数转换器 37 输入到输入口 35。加速踏板 40 与载荷传感器 41 连接，以便产生与加速踏板 40 压缩量  $L$  成正比的输出电压。载荷传感器 41 的输出电压经过对应的模-数转换器 37 输入到输入口 35。此外，输入口 35 与曲柄角度传感器 42 连接以便曲轴每旋转例如  $30^\circ$  时产生一输出脉冲。另一方面，输出口 36 经过对应的驱动电路 38 与燃油喷嘴 6，电机 15，废气再循环控制阀 23，和燃油泵 26 连接。

图 2 表示一个实验的例子，该实验表示在发动机低负荷运转时当通过改变节流阀 16 的打开程度和废气再循环率而改变空气燃油比  $A/F$ （图 2 的横坐标）时输出扭矩、排出的烟、碳氢化合物、一氧化碳和氮氧化物量的变化。正如从图 2 将理解的，在此实验中，空气燃油比  $A/F$  越小废气再循环率就变得越大。当低于理想配比的空气燃油比  $A/F$  ( $\approx 14.6$ ) 时，废气再循环率变得超过 65%。

如图 2 所示，如果增加废气再循环率以降低空气燃油比  $A/F$ ，则当废气再循环率变得接近 40% 且空气燃油比  $A/F$  程度为 30 时，产生的烟量开始增加。其次，当废气再循环率进一步升高且使空气燃油比  $A/F$  较





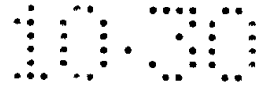
小时，产生的烟量急剧增加并达峰值。再次，当废气再循环率进一步上升且使空气燃油比减小时，烟量急剧下降，当使废气再循环率超过 65 % 且空气燃油比  $A/F$  变得接近 15.0 时，产生的烟量变成基本上为零。亦即几乎不再产生炭烟。此时，发动机的输出扭矩稍有下降，同时产生的氮氧化物量变得十分低。另一方面，此时，产生的碳氢化合物和一氧化碳量开始增加。

图 3A 表示当产生的烟量最大接近空气燃油比  $A/F$  18 时燃烧室 5 中的压缩压力的变化。图 3B 表示当产生的烟量基本为零接近空气燃油比  $A/F$  13 时燃烧室 5 中压缩压力的变化。正如从图 3A 和 3B 的比较中可以了解到，产生的烟量基本为零的图 3B 所示情况中的燃烧压力要低于产生的烟量大的图 3A 所示情况中的燃烧压力。

从图 2 及图 3A 和图 3B 所示实验结果可叙述如下。即，第一，当空气燃油比  $A/F$  小于 15.0 且产生的烟量基本为零时，产生的氮氧化物量大地下降如图 2 所示。产生的氮氧化物量下降的事实意味着燃烧室 5 中的燃烧温度下降。因此，可以说当几乎不产生炭烟时，燃烧室 5 中的燃烧温度变得较低，从图 3A 和 3B 可以说明同样的情况。即，在图 3 所示的几乎不产生炭烟的状态中，燃烧压力变低，因此在此时燃烧室 5 中的燃烧温度变得较低。

第二，当产生的烟量，即产生的炭烟量变成基本上为零时，如图 2 所示，碳氢化合物和一氧化碳的量增加。这就意味着碳氢化合物被排出不生成炭烟。即，当在氧不足的状态下温度升高时，包含在燃油中并在图 4 中示出的直链烃和芳香烃要分解，同时造成炭烟先驱物结构形成。其次，产生主要包括碳原子的固体物质的炭烟。在此情况中，炭烟产生的实际过程是复杂的。炭烟先驱物如何形成还不清楚，但不论什么情况，图 4 所示的碳氢化合物通过炭烟先驱物生成炭烟。因此，如上所述，当炭烟产生量变成基本为零时，碳氢化合物和一氧化碳的排出量增加，如图 2 所示，但是此时碳氢化合物是炭烟先驱物或在其之前碳氢化合物的状态。

根据图 2 及图 3A 和 3B 所示的实验结果总结这样的意见，当燃烧室 5 中的燃烧温度低时，产生的炭烟量变成基本为零。此时，炭烟先驱物或



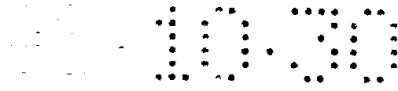
在其之前的碳氢化合物的状态从发动机进气通道排出。由此导出更详细的实验与研究。因此，可以知道当发动机燃烧室 5 中的燃油和燃油周围气体的温度低于某个温度时，炭烟的生成过程中途停止，即完全不产生炭烟，同时当发动机燃烧室 5 中燃油及其周围气体的温度变得高于某个温度时，就产生炭烟。

当碳氢化合物产生过程停止在炭烟先驱物状态时，燃油及其周围气体的温度，即上述某个温度，根据各种因素诸如燃油的类型，空气燃油比，及压缩比而变化，所以不能说它到什么程度，但此某个温度与氮氧化物产生量极为有关。因此，此某个温度在一定程度上可从氮氧化物的产生量来确定。即，废气再循环率越大，燃油及其周围气体在燃烧时的温度就越低，同时产生的氮氧化物的量也越低。此时，当产生的氮氧化物的量变成百万分之 10 (10ppm) 左右或更低时，几乎不再产生炭烟。因此，上述某个温度基本上与当产生的氮氧化物的量变成 10ppm 左右或更低时的温度相匹配。

一旦产生炭烟，就不能通过使用氧化催化剂等的后处理来去除它。与此相反，炭烟先驱物或在其之前的碳氢化合物状态可通过使用氧化催化剂等的后处理容易地去除。当考虑通过氧化催化剂等后处理时，不论碳氢化合物以炭烟先驱物的形式或在其之前的状态从发动机燃烧室排出，或者以炭烟的形式从发动机燃烧室 5 排出之间都存在极大不同。根据本发明的燃烧系统是基于这样一种概念，即从发动机燃烧室 5 以炭烟先驱物的形式或其之前的状态排出碳氢化合物不允许在发动机燃烧室 5 中产生炭烟并通过氧化催化剂等使碳氢化合物氧化。

现在为在炭烟产生之前的状态停止碳氢化合物的生成，就需要将燃油和其周围气体在发动机燃烧室 5 中燃烧时的温度抑制到低于产生炭烟时的温度。在这种情况下，燃油燃烧时燃油周围气体的吸热作用对抑制燃油和燃油周围气体的温度具有极大的影响。

也就是说，如果燃油周围仅有空气，则挥发的燃油将立即与空气中的氧反应并燃烧。在这种情况下，远离燃油的温度的空气不升得那么高。仅仅燃油周围的温度局部地变得极高。亦即，此时，远离燃油的空气完全不吸收燃油燃烧的很多热。在此情况中，由于燃烧温度局部地变得极



高，未燃烧的碳氢化合物接收燃烧热而产生炭烟。

另一方面，当在大量惰性气体和少量空气的混合气体中有燃料时，其情况就有些不同。在此情况中，挥发的燃油在周围气体中分散并和混合在惰性气体中的氧反应而燃烧。在这种情况下，燃烧的热量被周围的惰性气体吸收，所以燃烧温度不再升高很多。也就是说，惰性气体的存在抑制燃烧温度时起很重要作用，可能通过惰性气体的吸热作用将燃烧温度抑制较低。

在这种情况下，为将燃油和其周围气体的温度抑制到低于产生炭烟的温度，要求惰性气体量足够满足降低温度的吸收热量。因此，如果燃油量增加，则需要惰性气体量也同样一起增加。应该注意到在此情况中惰性气体的比热越大，吸热作用也越强。因此，惰性气体最好是具有大比热的气体。在这方面，由于二氧化碳（ $\text{CO}_2$ ）和废气再循环气体具有较大的比热，因此可以说使用废气再循环气体作为惰性气体是最佳的。

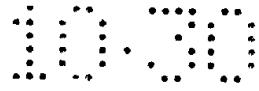
图 5 表示当使用废气再循环气体作为惰性气体并改变废气再循环气体的冷却程度时，废气再循环率和烟气之间的关系。也就是说，图 5 的曲线 A 表示较强地冷却废气再循环气体并保持废气再循环气体的温度在大约  $90^\circ\text{C}$  的情况，而曲线 B 表示用小型冷却装置冷却废气再循环气体的情况，曲线 C 表示不强地冷却废气再循环气体的情况。

当如图 5 中由曲线 A 所示的强冷却废气再循环气体时，产生的炭烟量在废气再循环率略低于 50 % 时达到峰值。在这种情况下，如果使废气再循环率是大约 55 % 或高于它，则几乎不再产生炭烟。

另一方面，当稍微冷却废气再循环气体如图 5 中曲线 B 所示时，产生的炭烟量在废气再循环率稍高于 50 % 时达到峰值。在这种情况下，如果使废气再循环率高于大约 65 %，则几乎不再产生炭烟。

此外，当废气再循环气体不是可强制地冷却如图 5 中曲线 C 所示，则产生的炭烟量在废气再循环率接近 55 % 处达到峰值。在这种情况下，如果使废气再循环率超过大约 70 %，则几乎不再产生炭烟。

应该注意到图 5 表示当发动机负荷比较高时产生的炭烟量。当发动机的负荷变得较小时，产生的炭烟量达到峰值的废气再循环率有一些下



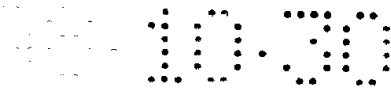
降，同时几乎不再产生炭烟的废气再循环率的下限有一些下降。这样，几乎不再产生炭烟的废气再循环率的下限根据废气再循环气体的冷却程度或发动机的负荷而变化。

图 6 表示为使燃油及其周围气体在燃烧时的温度低于用废气再循环气体作为惰性气体的情况中产生炭烟的温度所需要的废气再循环气体与空气的混合气体的量，混合气体中空气的比例以及混合气体中废气再循环气体的比例。应该注意到在图 6 中，纵坐标代表进入发动机燃烧室 5 中的吸入气体的总量，点划线 Y 表示当不进行增压时能进入发动机燃烧室 5 的吸入气体的总量。此外，水平轴表示需要的负荷，Z1 表示低负荷运行区域。

参照图 6，空气的比例，即混合气体中空气的量，表示使喷射的燃油完全燃烧所需要的空气量。也就是说，在图 6 所示的情况中，空气量与喷射的燃油量的比例变成理想配比的空气燃油比。另一方面，在图 6 中，废气再循环气体的比例，即，在混合气体中废气再循环气体的量表示为使燃油及其周围气体的温度低于产生炭烟的温度所需要的废气再循环气体的最小量。这个用废气再循环率表示的废气再循环气体的量至少是 55 %；在图 6 所示实施例中，为至少 70 %。也就是说，如果进入发动机燃烧室 5 内的吸入气体的总量在图 6 中形成实线 X，同时在吸入气体总量 X 中空气量和废气再循环气体量之间的比例作成图 6 所示的比例，则燃油及其周围气体的温度变成低于产生炭烟的温度，并因此完全不再产生炭烟。此外，此时产生的氮氧化物量为 10ppm 或更低，因此产生的氮氧化物量变得极小。

如果喷射的燃油量增加，则燃烧时产生的热量就增加，以便保持燃油及其周围气体的温度低于产生炭烟的温度，就必需增加由废气再循环气体吸收的热量。因此，如图 6 所示，喷射燃油的量越大，就必须增加废气再循环气体量。也就是说，随着需要的负荷变得较高，就必须增加废气再循环气体的量。

另一方面，在图 6 的负荷区域 Z2 中，为抑制炭烟的产生所需要的吸入气体 X 的总量超过能进入的吸入气体 Y 的总量。因此，在这种情况下，为抑制炭烟的产生所需的向发动机燃烧室 5 中供应吸入气体的总量，



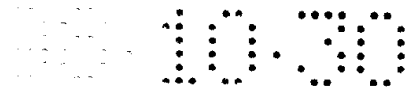
就需要对废气再循环气体和进入的空气或废气再循环气体增压或加压。当不对废气再循环气体等增压或加压时，在负荷区域 Z2，吸入气体的总量 X 与能够进入的吸入气体的总量 Y 相匹配。因此，在这种情况下，为抑制炭烟的产生，要略微减少空气量以增加废气再循环气体的量，同时使燃油在空气燃油比为较浓的状态中燃烧。

如上所述，图 6 表示燃油在空气燃油比为理想配比的情况下燃烧的情况。在图 6 所示的低负荷运行的区域 Z1 中，即使使空气燃油比小于图 6 所示的空气量，也就是说，即使使空气燃油比为较浓的，也可能阻碍炭烟的产生并使产生的氮氧化物量在 10ppm 左右或更低。此外，在图 6 所示的低负荷区域 Z1 中，即使使空气燃油比大于图 6 所示的空气量，也就是说，使空气燃油比的平均值趋于 17 至 18，有能阻碍炭烟的产生并使产生的氮氧化物量在 10ppm 左右或更低。

也就是说，当使空气燃油比为较浓时，燃油变得超量，但是由于将燃油温度抑制在低温，过量燃油不生成炭烟，因此不产生炭烟。此外，在此时仅产生极小量的氮氧化物。另一方面，当平均空气燃油比是较稀的或当空气燃油比是理想配比空气燃油比时，如果燃烧温度变得较高则产生少量炭烟，但在本发明中，将燃烧温度抑制到低温，所以完全不产生炭烟。此外，仅产生极少量氮氧化物。

这样，在本发明中，在发动机低负荷运行区域 Z1，不管空气燃油比，即，不论空气燃油比是较浓或者是理想配比空气燃油比或者平均空气燃油比是较稀的，不产生炭烟且产生的氮氧化物的量变得极小。因此，若考虑改善燃油消耗率，可以说最好使平均空气燃油比为较稀状态。

图 7 和图 8 表示使吸入气体为能进入燃烧室 5 中的最大量气体的情况。应该注意到图 7 表示不考虑所需要的负荷，废气再循环率都保持在基本恒定的至少 55 % 的废气再循环率的情况。在此情况中，增加过量空气量比需要的负荷小。另一方面，图 8 表示不考虑需要的负荷，空气燃油比保持在预定的较浓的空气燃油比或者理想配比的空气燃油比，或者平均空气燃油比保持在预定的较稀空气燃油比的情况。在这种情况下，增加废气再循环率比需要的负荷更小。但是，在这种情况下，即使当废气再循环率为最低时，它至少是 55 % 左右。在图 7 和图 8 所示的任



何情况中完全不产生炭烟同时产生的氮氧化物量也极小。

下面，参照图 9 至图 12 将对发动机低负荷运转时控制运行的具体例子进行说明。

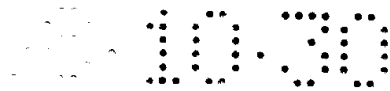
图 9 表示喷射的燃油量、吸入空气量、以及相对于需要的负荷与节流阀 16（图 1）开口量和为获得吸入空气量与废气再循环气体量的废气再循环控制阀 23（图 1）的开口程度。应该注意到在图 9 中，Y 表示与图 6 中 Y 相同的值。在此例中，除去当需要的负荷是最低时，即，当发动机为空转时，废气再循环控制阀 23 保持在完全打开状态。除去在发动机空转时外，节流阀 16 随着需要负荷的增加逐渐从半开状态打开到全开状态。当发动机负荷变得较高时，就保持过去所使用的正常燃烧状态。即，节流阀 16 完全打开，但废气再循环控制阀关闭。

如图 9 所示，在发动机空转时将节流阀 16 关闭到接近完全关闭状态。此时，也关闭废气再循环控制阀 23 到接近完全关闭状态，从而根据所需要的负荷给出废气再循环气体的最佳量。当关闭节流阀 16 到接近全关闭状态时，在压缩开始时燃烧室 5 中的压力变得较低，所以压缩压力变得较小。当压缩压力变得较小时，由活塞 4 所做的压缩功变得较小，所以发动机体 1 的振动也变小。亦即，在发动机空转时，关闭节流阀 16 到接近完全关闭状态，从而抑制了发动机体 1 的振动。

图 10A 中的阴影线表示从燃油喷嘴 6 喷射燃油的持续时间。如图 10A 所示，喷射开始的时刻随着需要的负荷变得较高，逐渐从压缩冲程的大约  $14^\circ$  前上止点延迟。应该注意到如图 10B 所示，也能分两个阶段喷射燃油：吸气冲程的初始阶段和压缩冲程的终止阶段。

图 11 表示空气燃油比传感器 21 的输出。如图 11 所示，空气燃油比传感器 21 的输出电流 I 随空气燃油比 A/F 而变化。因此，能够从空气燃油比传感器 21 的输出电流 I 来确定空气燃油比。

图 12 表示用于控制发动机在低负荷运转时运转的程序。参照图 12，首先，在步骤 50，控制节流阀 16 到图 9 所示的打开程度。其次，在步骤 51，控制废气再循环控制阀 23 到图 9 所示的打开程度。再次，在步骤 52，根据燃油压力传感器 27 的输出信号控制公用油槽 25 中的燃油压力到预定的燃油压力。再次，在步骤 53，计算喷射时间。再次，在



步骤 54，修正由加速踏板 40 的压缩量和发动机旋转速度所确定的基本喷油量，因此根据空气燃油比传感器 21 的输出信号，空气燃油比变成预定的空气燃油比。

在发动机低负荷运转时，完全不产生炭烟。几乎不产生氮氧化物。当废气包含炭烟先驱物或在其之前的状态的碳氢化合物时，碳氢化合物被催化剂 19 氧化。

作为催化剂 19，可以使用一种氧化催化剂，三元催化剂，或氮氧化物吸收剂。当平均空气燃油比在燃烧室 5 中是较稀时，氮氧化物吸收剂具有吸收氮氧化物的功能，而当平均空气燃油比在燃烧室 5 中较浓时则释放氮氧化物。

氮氧化物吸附剂例如包括作为载体的氧化铝，并且在载体上，例如，至少包括钾 K、钠 Na，锂 Li、铯 Cs，和其它碱金属，钡 Ba、钙 Ca 和其它碱土金属，镧 La、钇 Y 和其它稀土元素其中的一个加铂 Pt 或另一种贵金属。

当然，氧化催化剂，以及还有三元催化剂和氮氧化物吸附剂具有一种氧化功能，因此，可用三元催化剂和氮氧化物吸收剂作如上所述的催化剂 19。

图 13 表示在发动机低负荷运转时控制运转的另一具体例子。在此例子中，节流阀 16 的打开程度以及废气再循环控制阀 23 的打开程度随需要的负荷增加而增加，因此吸入空气的量和废气再循环气体的量随喷射燃油量的增加而增加。

图 14 至 19 表示不同的实施例，它们能用于在发动机低负荷运转时进一步减少产生的炭烟量，并能用于将产生的炭烟量基本上变为零的工作区域向高负荷一侧扩大。

参照图 14，在废气再循环通道 22 的周围设置冷却装置 60。冷却装置 60 具有一冷却水吸入口 61 和一冷却水排放口 62。冷却水吸入口 61 通过冷却水供应管道 63 与散热器（未示出）的冷却水出口相连接。冷却水排放口 62 通过冷却水排放管道 64 连接到例如水泵（未示出）的入口。在冷却水供应管道 63 中设置流量控制阀 65，以控制供应到冷却装置 60 的冷却水量。



此外，用于驱动吸入阀的驱动器 70 设置在吸入阀 7 的顶部。图 15 表示用于驱动吸入阀的驱动器 70 的放大图。参照图 15，71 表示安装在吸入阀 7 的顶部的铁制圆盘形件，72 和 73 是安装在铁制件 71 两侧的电 磁线圈，74 和 75 是安装在铁制件 71 两侧的压缩弹簧。当对电磁线圈 73 加偏压时，铁制件 71 上升同时吸气阀 7 关闭。与此相反，当对螺旋线圈 72 加偏压时，铁制件 71 下落同时吸气阀 7 打开。因此，通过控制对电磁线圈 72 和 73 加偏压的时间，就能在任何时刻打开和关闭吸气阀 7。

如果除去通过惰性气体，例如，废气再循环气体的吸热作用降低燃烧温度的作用外还由通过别的方法降低燃烧温度的作用构成双重使用，则能进一步降低燃烧温度并因此不再进一步产生炭烟。此外，如果以这种方法进一步降低燃烧温度，就能将几乎不产生炭烟的工作区域向高负荷一侧扩大。在这种情况下，就需要加强降低燃烧温度的作用，即负荷越高燃烧时产生的热量越多。

图 16 表示通过减小节流阀 16 的打开程度降低燃烧温度的情况。也就是说，如果节流阀 16 的打开程度减小，则在压缩开始时燃烧室 5 中的压力就变低，所以在压缩冲程终止阶段燃烧室 5 中的压力就变低，因此燃烧温度变低。应该注意到在图 16 所示的例子中，除去发动机空转期间以外，随着需要的负荷变得较高，通过减小节流阀 16 的开口程度使发动机负荷变高，就加强了降低燃烧温度的作用。

图 17 表示通过延迟吸气阀 7 的关闭时间降低燃烧温度的情况。也就是说，如果延迟吸气阀 7 的关闭时间，则实际的压缩比变得较小，因此燃烧温度下降。应该注意到在图 17 所示的例子中，所需要的负荷较高通过由驱动器 70 逐渐延迟吸气阀 7 关闭时间使发动机负荷越高就加强了降低燃烧温度的作用。应该注意到为改变压缩比已知各种型式的可变压缩装置。发动机负荷变高就可以使用这些可变压缩装置降低的压缩比。

图 18 表示通过延迟喷油时间降低燃烧温度的情况。也就是说，如果使喷油时间接近压缩冲程的上止点或使之在压缩冲程后上止点，则燃烧压力下降同时燃烧温度下降。应该注意到在图 18 所示的例子中，随着发动机负荷变高，通过逐渐将喷油时间从压缩冲程前上止点延迟到压缩冲程后上止点使发动机负荷变高来加强降低燃烧温度的作用。



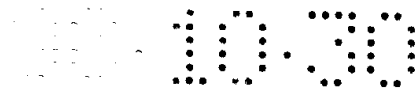
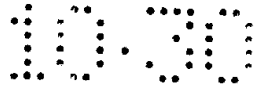


图 19 表示通过用冷却装置 60 冷却废气再循环气体来降低燃烧温度的情况。应该注意到图 19 所示的例子中，当发动机负荷小于预定负荷时，通过冷却装置 60 的冷却作用是中止的，而当发动机负荷变成预定负荷或高于它时，通过控制流量控制阀 65 使发动机负荷变高，就加强了降低燃烧温度的作用，因此所需要的负荷变高，亦即冷却装置 60 的冷却能力变高，则供应到冷却装置的冷却水量增加。

再次，将对使用氮氧化物吸收剂作为催化剂 19 的情况进行说明。应该注意到如图 20 所示，也能使用一种氧化催化剂作为催化剂 19 并将氮氧化物吸附剂 80 安放在氧化催化剂 19 的排放通道下游中。如果称空气与供应到发动机吸气通道、燃烧室 5 和氧化氮吸收剂 19（图 1）或 80（图 20）排放通道上游的燃油（碳氢化合物）的比为废气流入氮氧化物吸附剂 19，80 的空气燃油比。由于氮氧化物吸附剂 19，80 具有吸收和释放氮氧化物的作用，即，当流入废气的空气燃油比为较稀时吸收氮氧化物，同时当流入废气中的空气燃油比为理想配比燃油比或较浓时则释放氮氧化物。

如果氮氧化物吸附剂 19，80 安放在发动机排气通道中，则氮氧化物吸附剂 19，80 具有吸收和释放氮氧化物的能力。这种吸收和释放作用的详细机理部分还不清楚。但是，这种吸收和释放作用可以被认为是图 21A 和 21B 所示机理的结果。其次，这种机理将以把铂 Pt 和钡 Ba 放在载体上的情况作为一个例子加以说明，但即使使用其它贵金属，碱金属或稀土元素也应用同样机理。

在图 1 和图 20 所示的压缩点火式内燃机中，燃烧是在较稀的空气燃油比的状态下进行。当在较稀空气燃油比状态以这种方式进行燃烧时，在废气中氧的浓度是高的。此时，如图 21A 所示，氧  $O_2$  以  $O_2^-$  或  $O^{2-}$  的形式粘附在铂 Pt 的表面上。另一方面，在流入废气中的一氧化氮 NO 与  $O_2^-$  或  $O^{2-}$  反应生成二氧化氮  $NO_2$  ( $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$ )。其次，产生的部分二氧化氮  $NO_2$  在铂 Pt 上被氧化并吸收到吸附剂中，同时与氧化钡 BaO 结合而以硝酸盐离子  $NO_3^-$  的形式在吸附剂中扩散，如图 21A 所示。氮氧化物以这种方式吸附在吸附剂 19，80 中。只要流入废气中的氧浓度是高的，在铂 Pt 的表面上就产生二氧化氮  $NO_2$ 。只要氧化氮吸



附剂吸附氮氧化物的能力未饱和，二氧化氮  $\text{NO}_2$  就被吸附在吸附剂中并产生硝酸盐离子  $\text{NO}_3^-$ 。

另一方面，在发动机低速运转时，要降低燃烧温度以防止炭烟的产生。此时，空气燃油比成为较浓的。当空气燃油比成为较浓时，流入废气中的氧浓度就降低，同时氮氧化物产生的量也下降，反应以反方向进行 ( $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2$ )，因此，吸附剂中的硝酸盐离子  $\text{NO}_3^-$  以二氧化氮  $\text{NO}_2$  的形式从吸附剂中释放。此时，通过与大量的包含在流入废气中的未燃烧的碳氢化合物或一氧化碳反应而降低从氮氧化物吸附剂 19，80 中释放出的氮氧化物，如图 21B 所示。这样当在铂 Pt 的表面不再有任何二氧化氮  $\text{NO}_2$  时，二氧化氮  $\text{NO}_2$  从吸附剂连续释放出来。因此，当空气燃油比成为较浓时，氮氧化物在短时间内从氮氧化物吸附剂 19，80 中释放出来，进而降低了释放的氮氧化物，因此可以防止氮氧化物排放到大气中。

这样，在此实施例中，氮氧化物吸附剂 19，80 在吸附和释放氮氧化物的作用是用来阻碍氮氧化物释放到大气中。此外，即使当空气燃油比在发动机低负荷运转时成为较浓，以便从氮氧化物吸附剂 19，80 释放氮氧化物时，几乎不产生炭烟。

应该注意到也能使空气燃油比在低速运转时少许较稀而仅当从氮氧化物吸附剂 19，80 释放氮氧化物时使空气燃油比较浓。应该注意到，由于氮氧化物吸附剂 19，80 也具有减少催化剂的功能，所以即使当空气燃油比成为理想配比空气燃油比时，当要释放氮氧化物时从氮氧化物吸附剂 19，80 中释放的氮氧化物要减少。然而，当空气燃油比成为理想配比空气燃油比时，仅逐渐从氮氧化物吸附剂 19，80 中释放氮氧化物，所以要使吸收在氮氧化物吸附剂 19，80 中的所有氮氧化物释放出来要花少许长的时间。

以上说明是对将本发明用到压缩点火式内燃发动机上的例子，但也能将本发明应用到汽油发动机上。

这样，根据本发明，同时防止炭烟和氮氧化物的产生成为可能。

尽管已通过参照为说明的目的而选择的具体实施例来描述本发明，但很显然在不偏离本发明基本概念和范围的条件下，该技术的专业人员

10:30

可对它进行大量的修改。

说明书附图

图 1

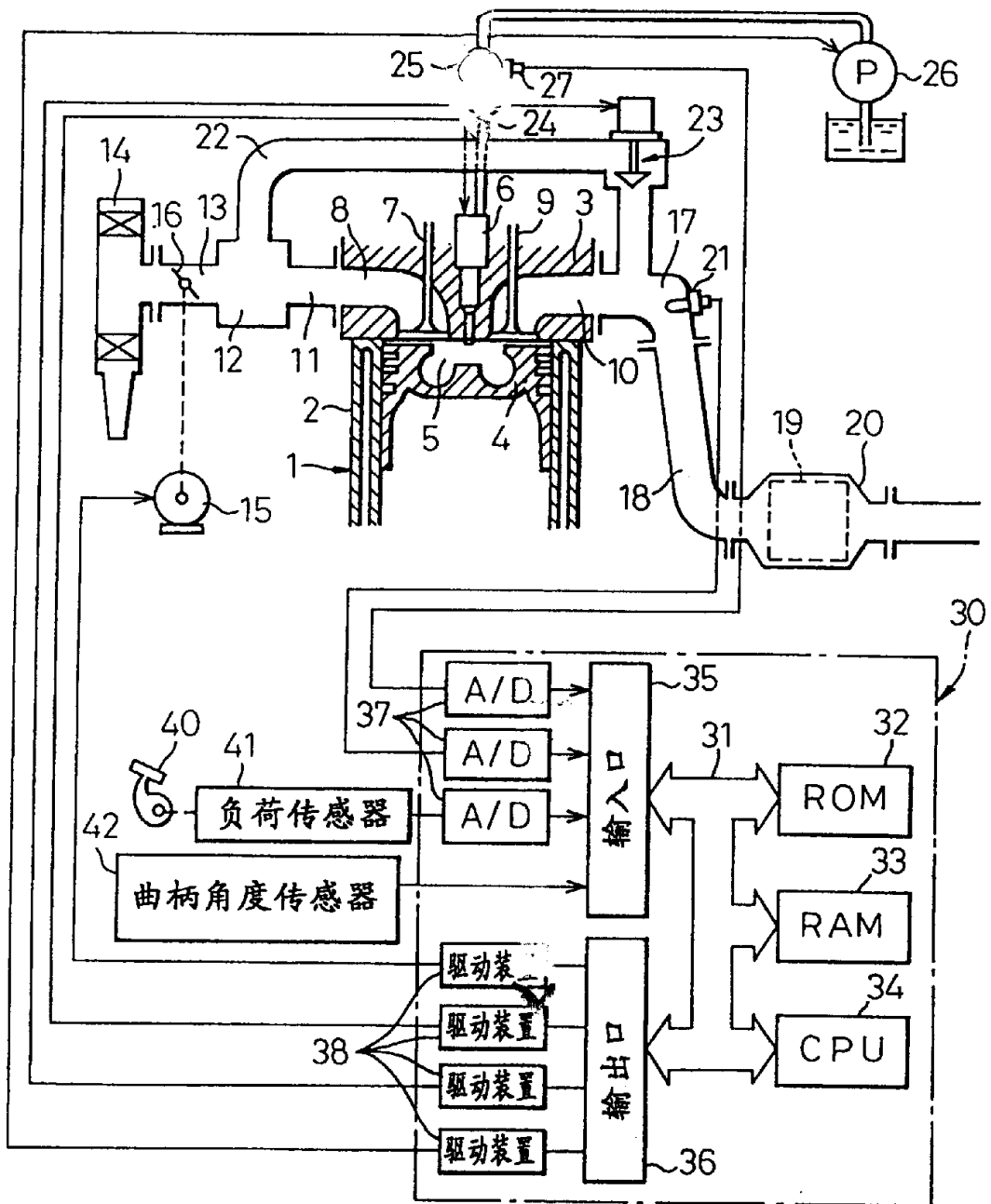


图 2

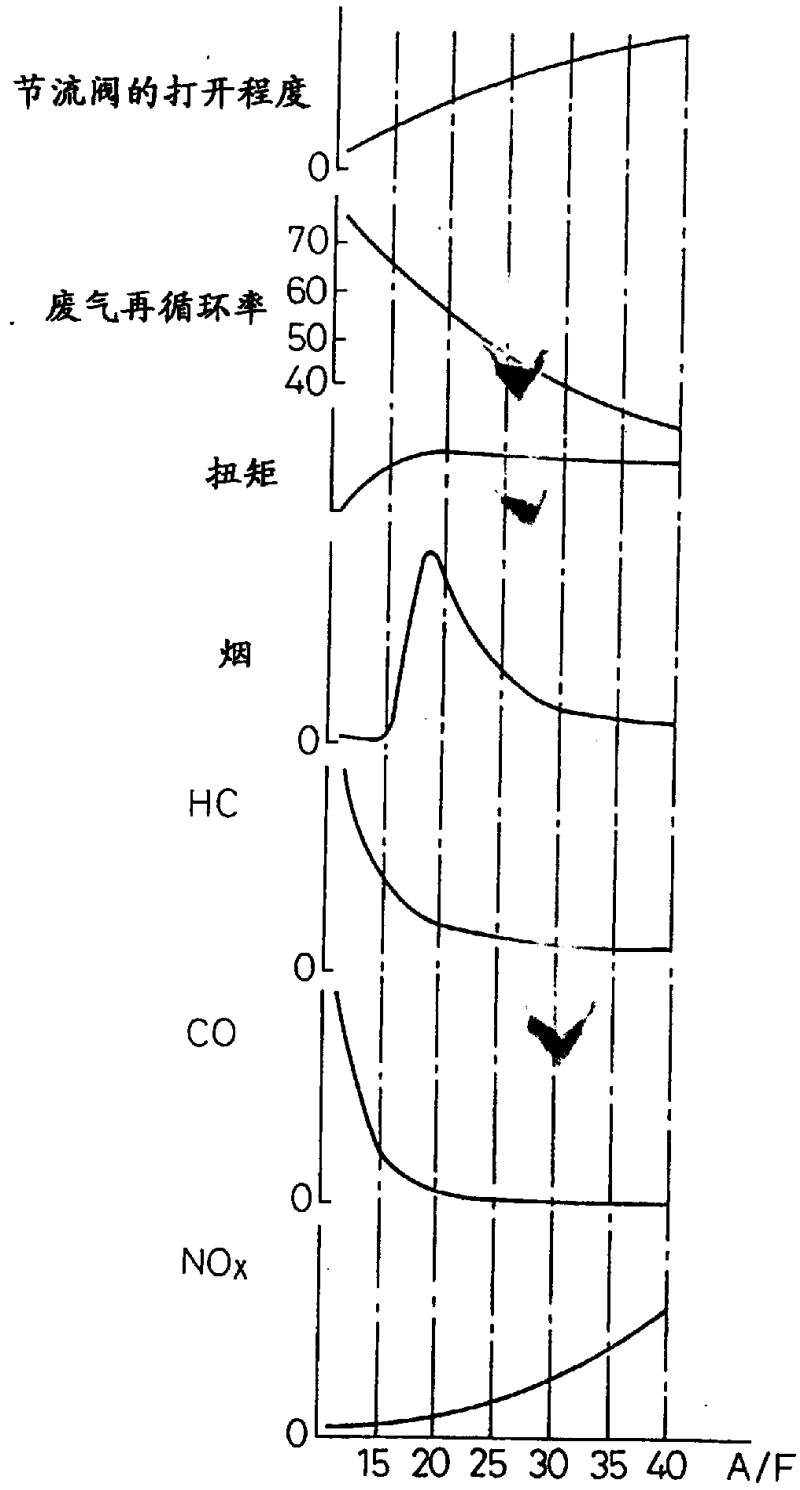


图 3A

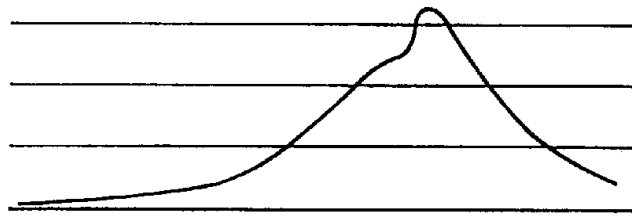


图 3B

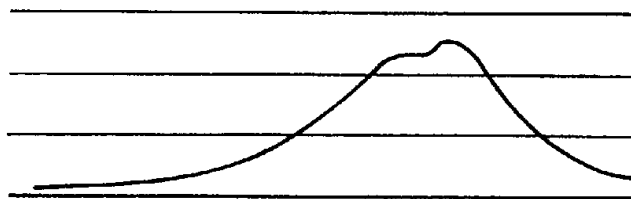


图 4

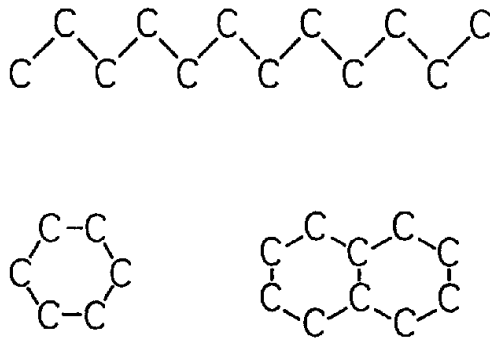


图 5

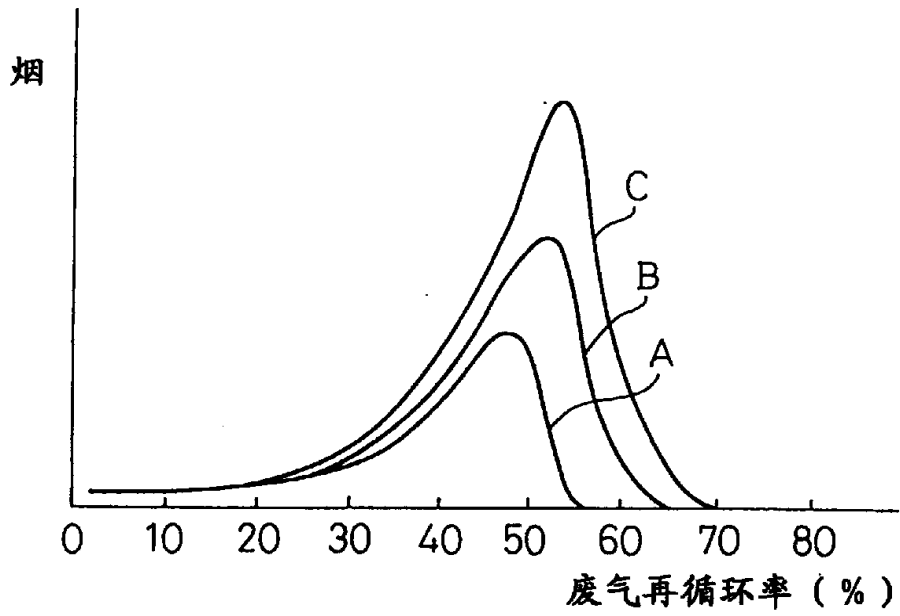


图 6

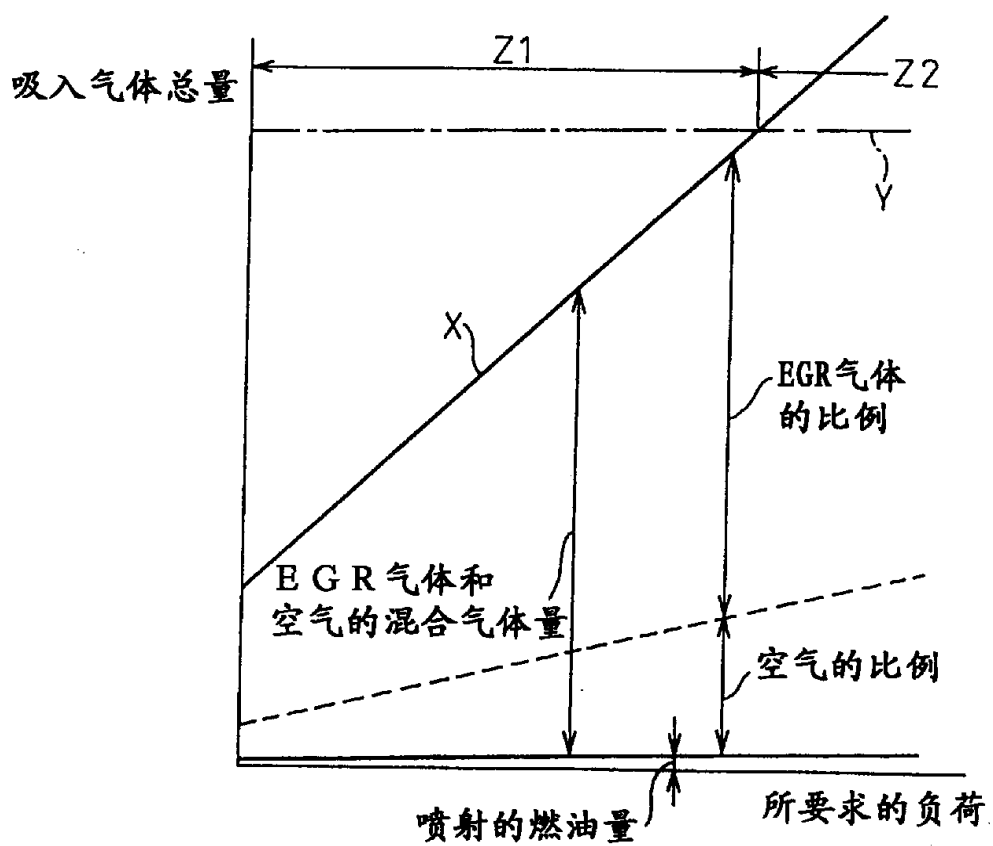




图 7

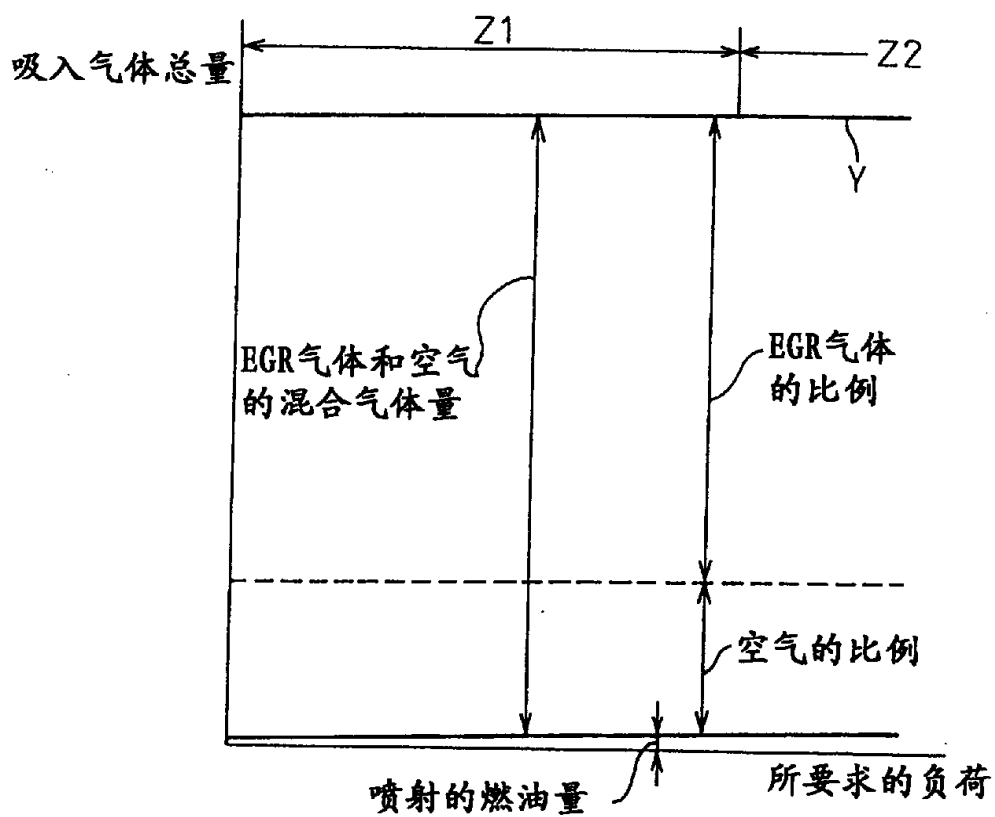


图 8

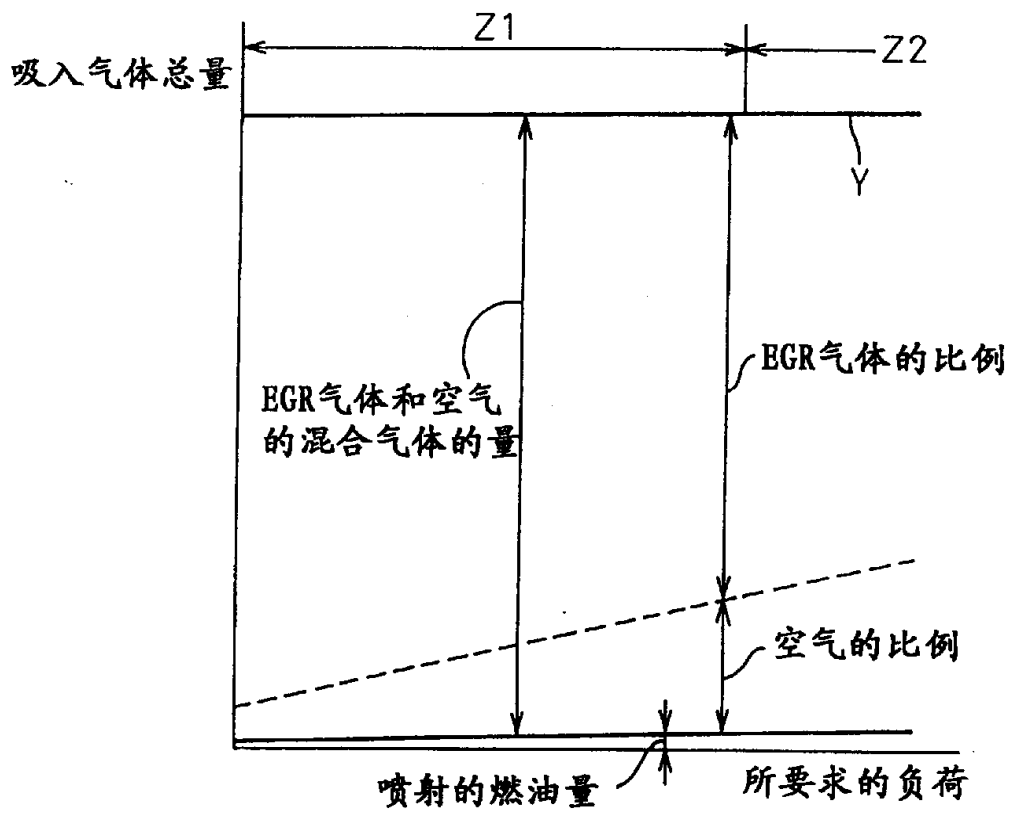


图 9

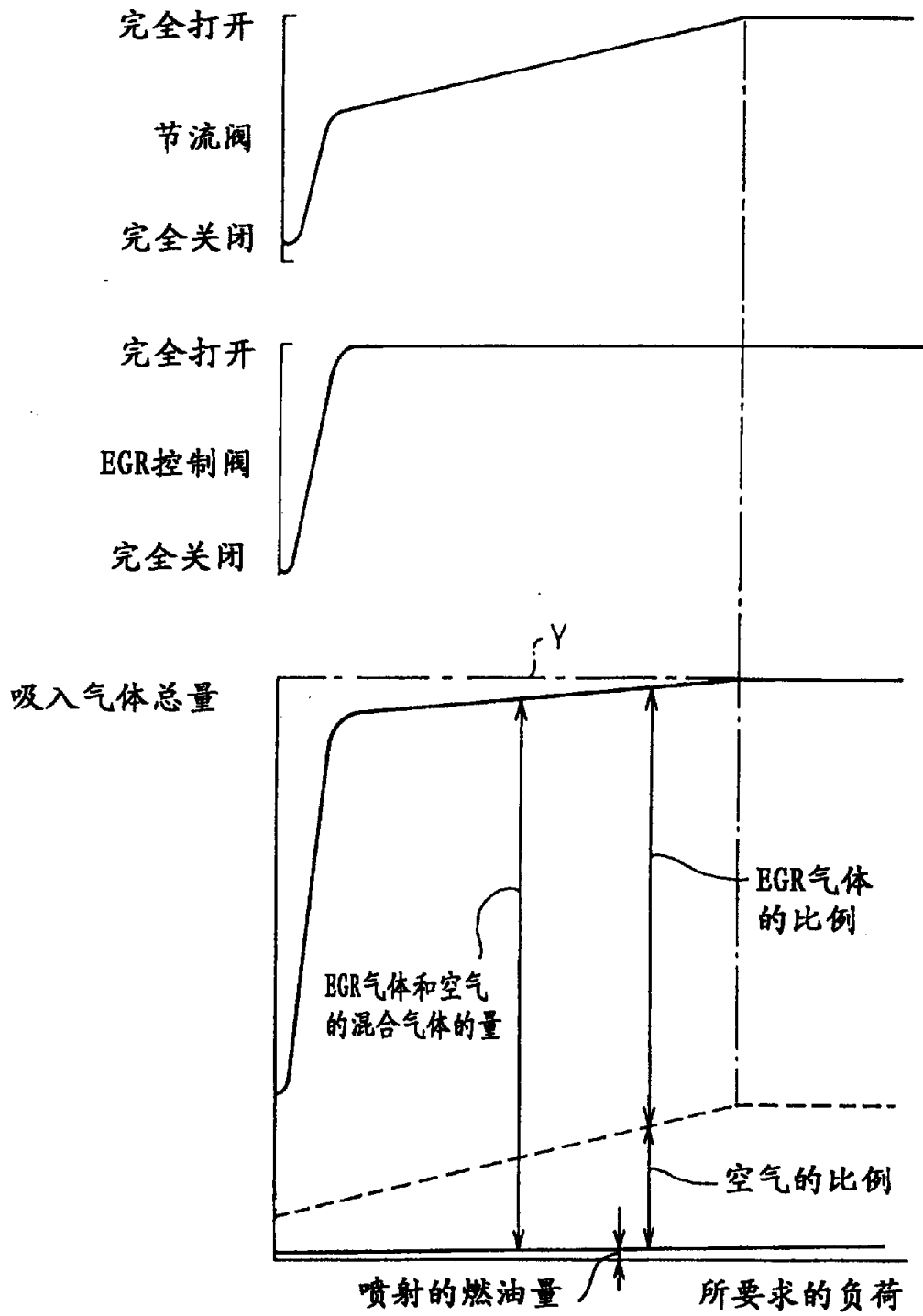


图 10A

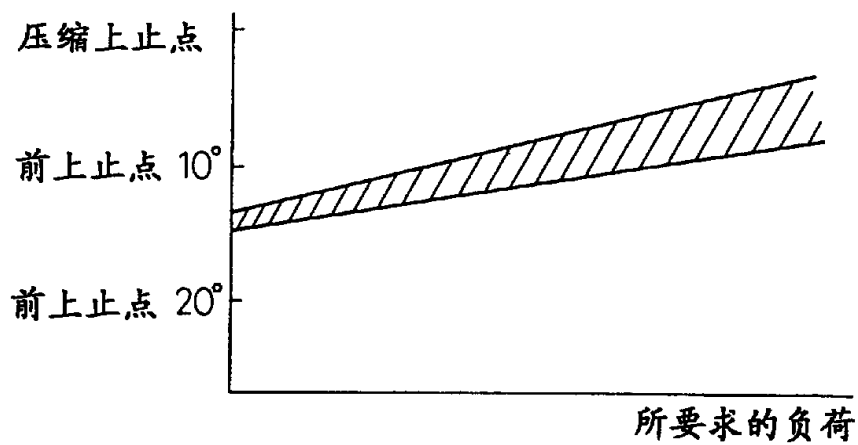


图 10B

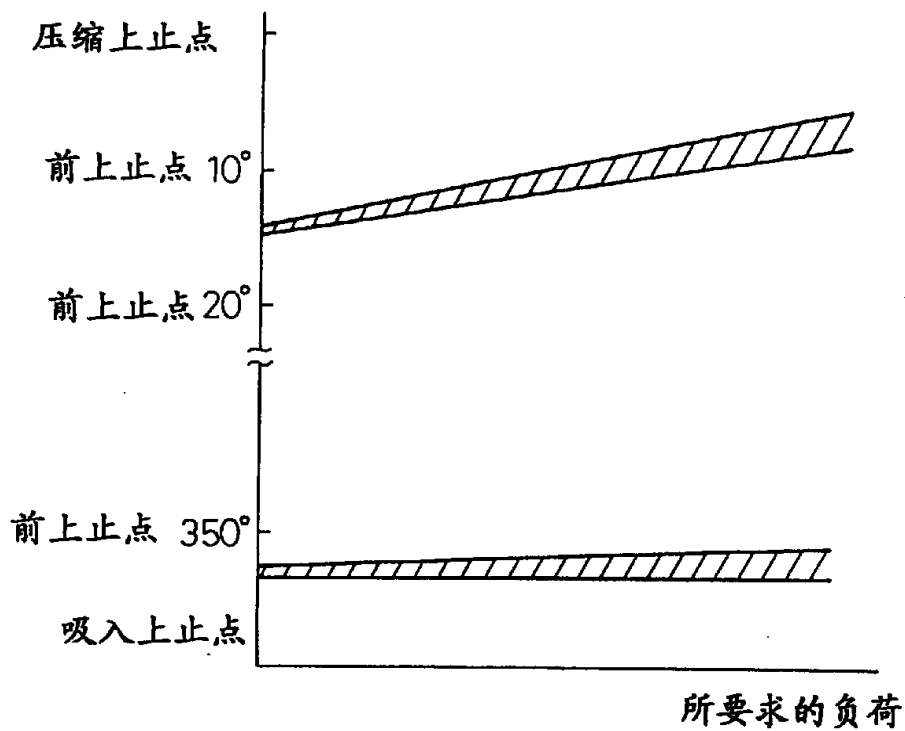


图 11

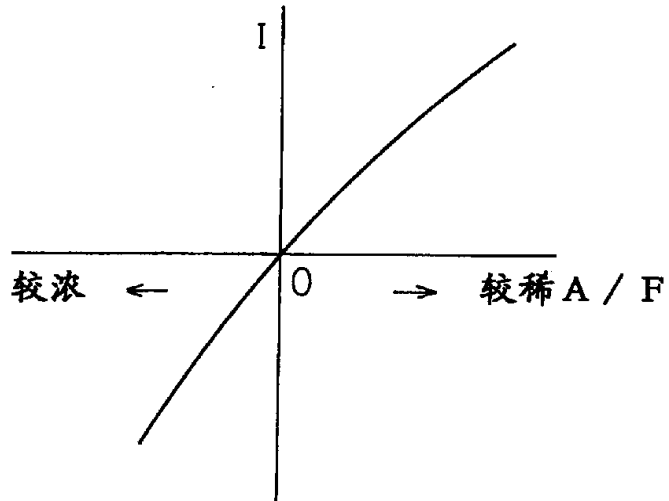


图 12

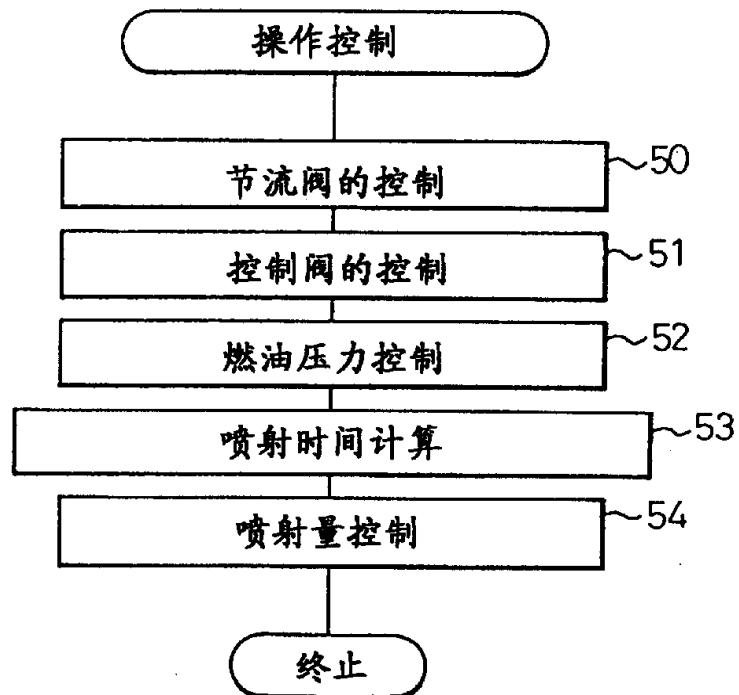


图 13

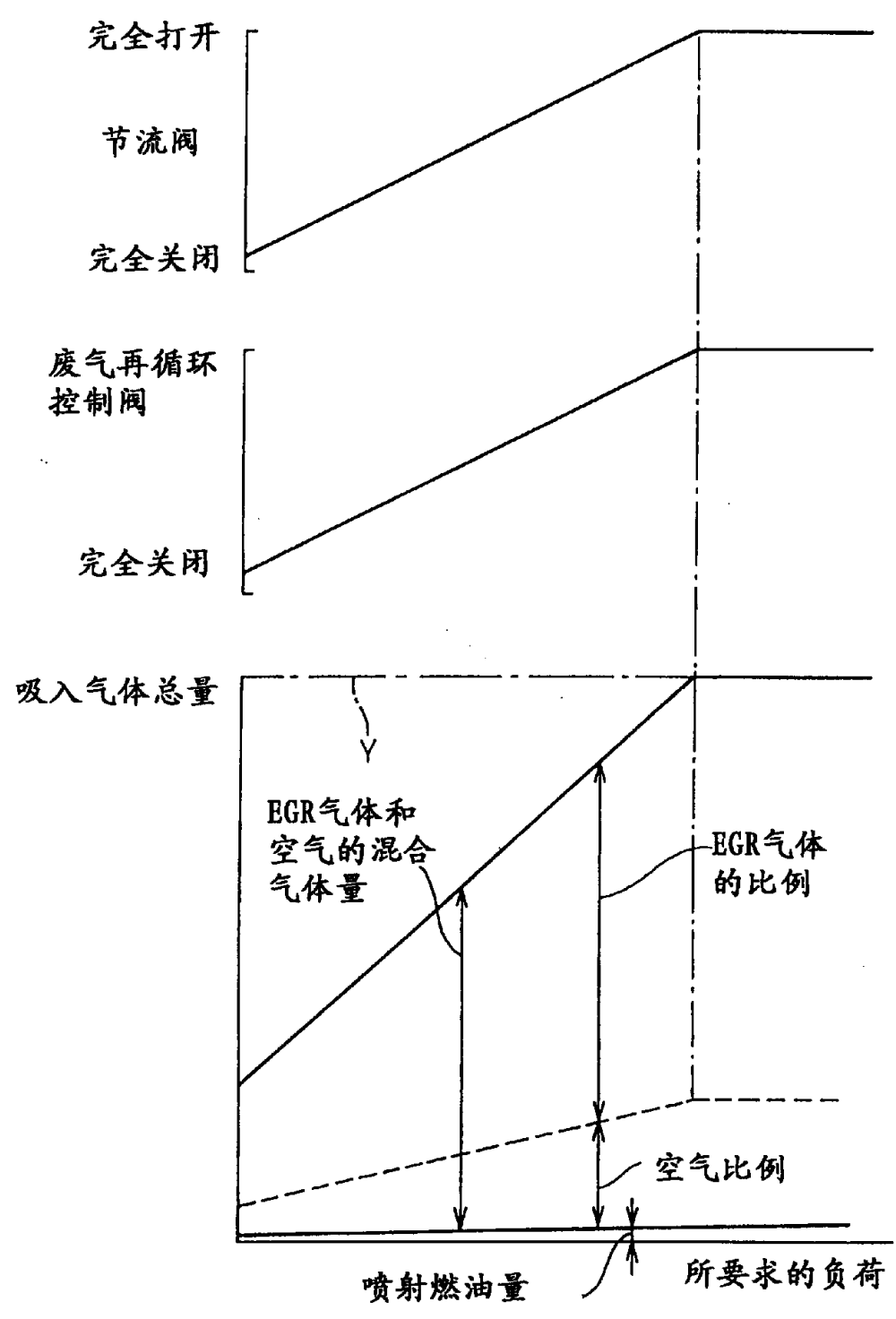


图 14

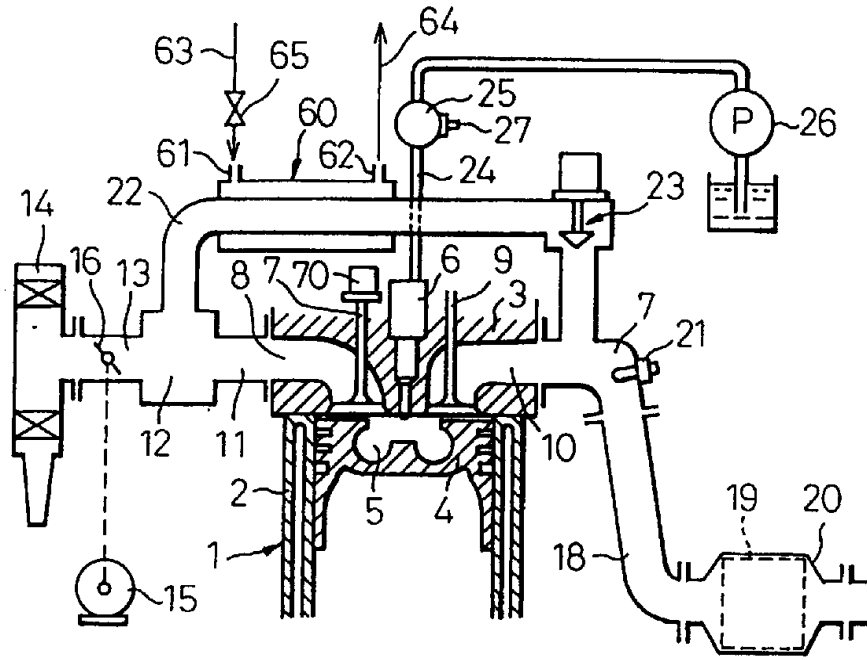


图 15

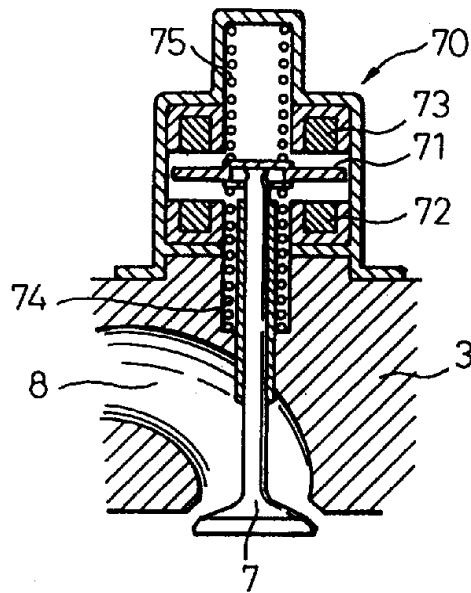


图 16

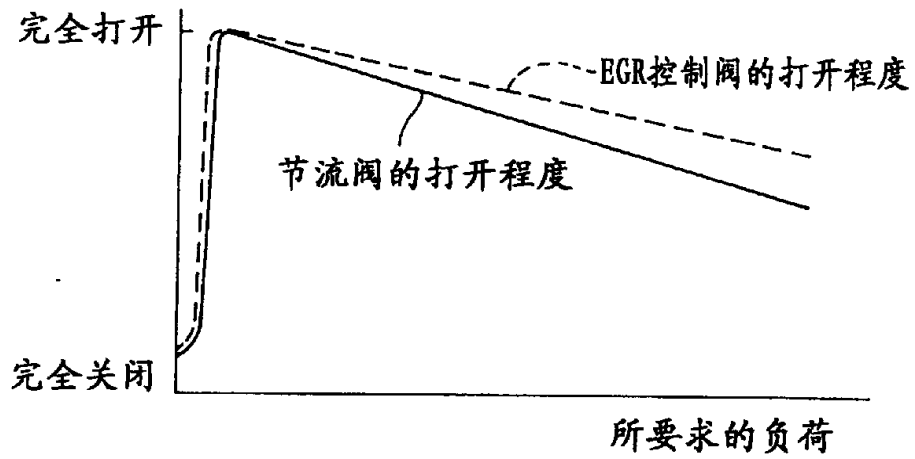


图 17

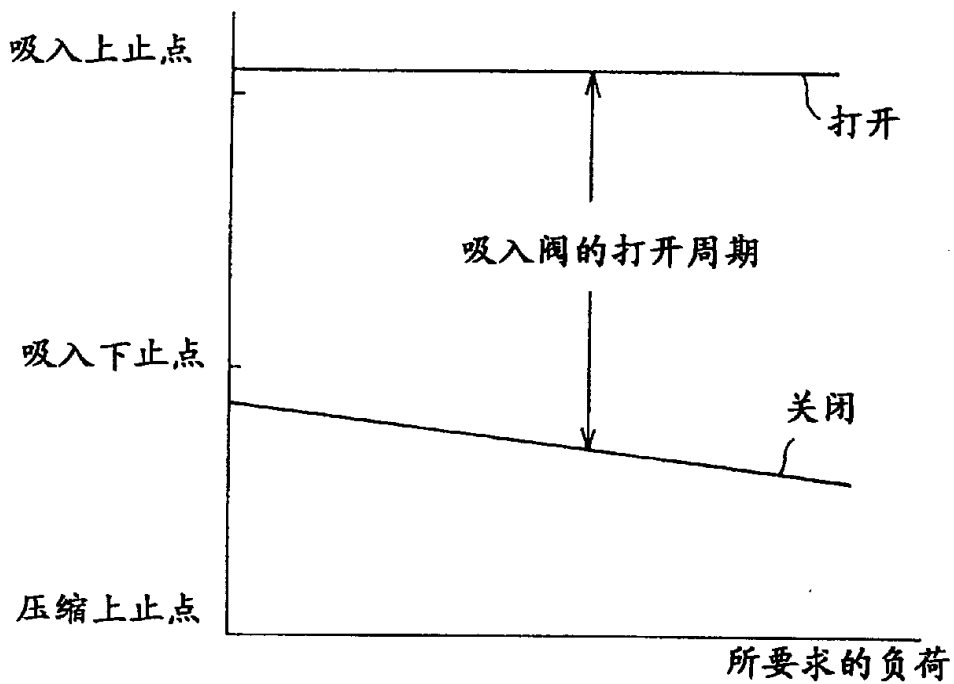




图 18

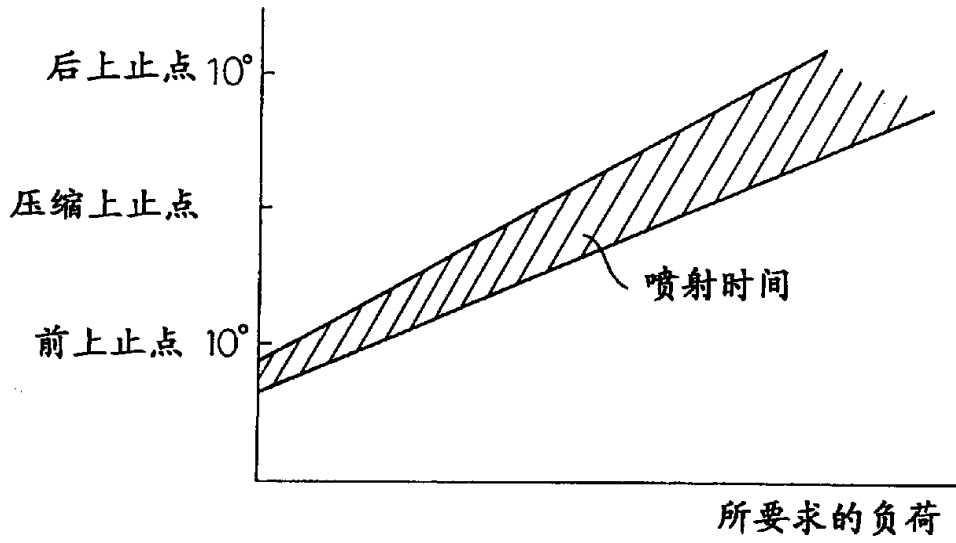


图 19

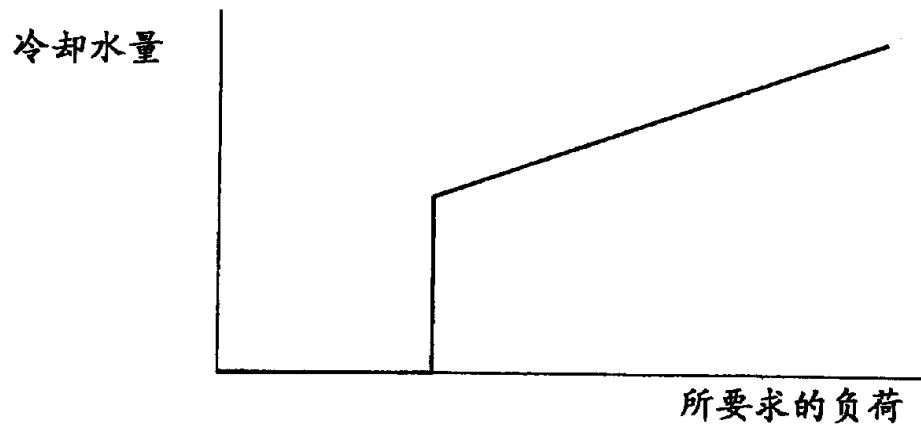


图 20

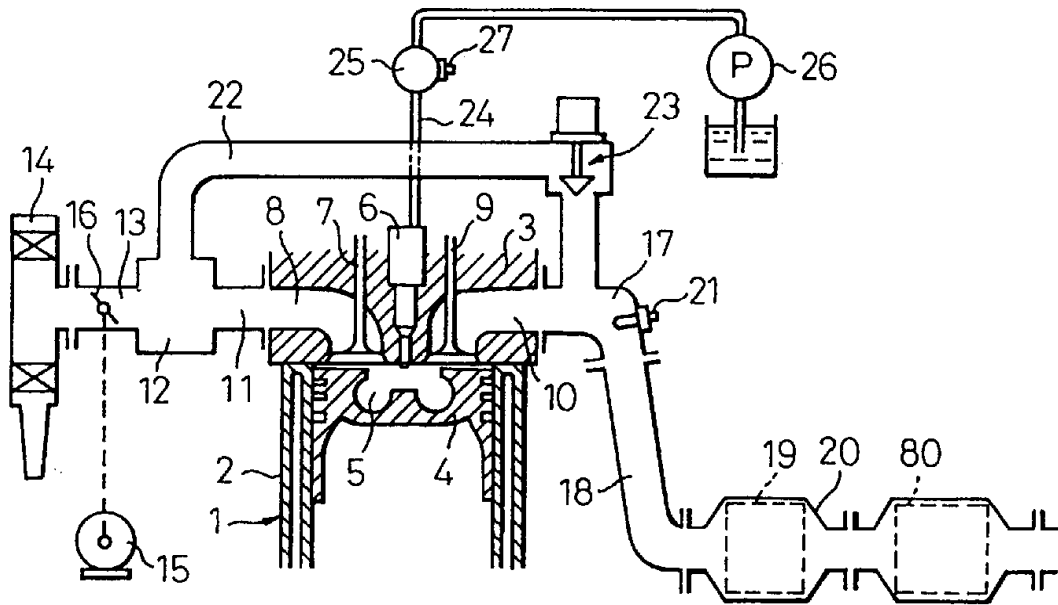


图 21A

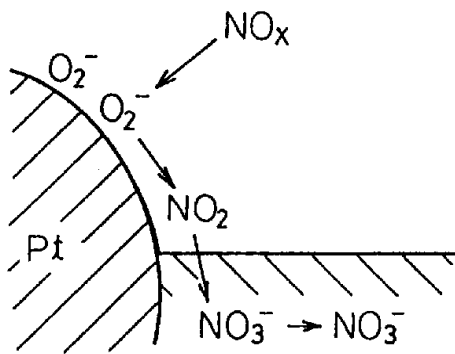


图 21B

